

## 長方形孔配列を設けた1/4波長金属板の周期長比特性

著者	吉野 隼輔
出版者	法政大学大学院理工学研究科
雑誌名	法政大学大学院紀要．理工学・工学研究科編
巻	61
ページ	1-2
発行年	2020-03-24
URL	<a href="http://doi.org/10.15002/00022868">http://doi.org/10.15002/00022868</a>

# 長方形孔配列を設けた 1/4 波長金属板の周期長比特性

## LATTICE-LENGTH PROPERTIES OF A METALLIC QUARTER-WAVE PLATES USING A RECTANGULAR HOLE ARRAY

吉野隼輔

Shunsuke YOSHINO

指導教員 山内潤治

法政大学大学院理工学研究科電気電子工学専攻修士課程

Metallic plates with a rectangular hole array are analyzed by the finite-difference time-domain method with the periodic boundary condition. The field localized in the hollow part increases as the ratio of lattice-length becomes large. The thickness to obtain a circularly polarized wave decreases as the ratio of lattice-length becomes large. It is found that polarization conversion is achieved with a thinner thickness as the ratio of lattice-length is increased.

**Key Words :** Polarization converter, Finite-difference time-domain method

### 1. はじめに

入射した直線偏波を円偏波に変換する様々な 1/4 波長金属板が提案されている。筆者らは長方形孔配列を設けた 1/4 波長金属板を検討し、正方形格子に基づく構造を用いて 70%以上の透過率を実現している [1]。他方、類似の構造を用いた 1/4 波長金属板が提案されており、その金属板には長方形格子の周期配列が用いられている [2]。両格子とも、直交する 2つのモードの位相差により偏波変換が達成されている [3] が、入出力部に局在するエバネッセント界の強さにより、偏波変換の得られる厚みに違いが生じることを明らかにした [4]。

本稿では  $x, y$  方向の周期長比を変化させた場合を解析し、周期長比が大きいほど薄い厚さで偏波変換が可能となることを明らかにする。

### 2. 本論

解析する構造全体とユニットセルを図 1 に示す。媒質には Ag[5] を使用し、Drude 分散性媒質として扱う。金属板の厚みを  $t$  と定義する。開口部の  $x, y$  方向の長さをそれぞれ  $0.88 \mu\text{m}$ ,  $0.60 \mu\text{m}$  とする。 $x$  方向の周期長を  $\Lambda_x = 0.92 \mu\text{m}$  に固定したまま周期長比  $\Lambda_y/\Lambda_x$  を変化させたときの、透過波の波長特性を透過率、楕円率で評価する。入射波には、 $x$  軸方向に  $\phi = 45^\circ$  傾けた直線偏波を  $+z$  方向に励振する。解析には周期境界条件を適用した FDTD 法を用いる。

$\Lambda_y/\Lambda_x = 0.75, 1.10$  での波長特性を図 2 に示す。(a) は透過率、(b) は楕円率である。それぞれ  $t = 0.75 \mu\text{m}$ ,  $0.24 \mu\text{m}$  に設定することで波長  $1.10 \mu\text{m}$  で円偏波が得られる。

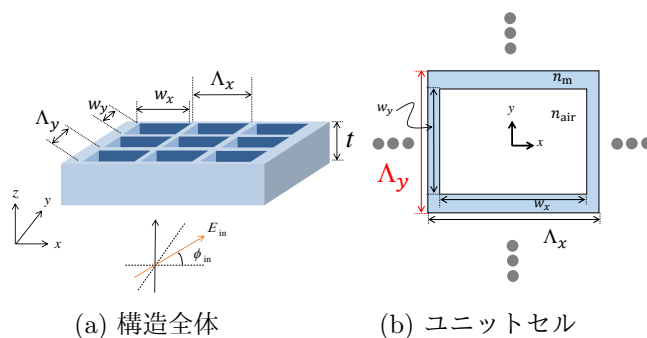
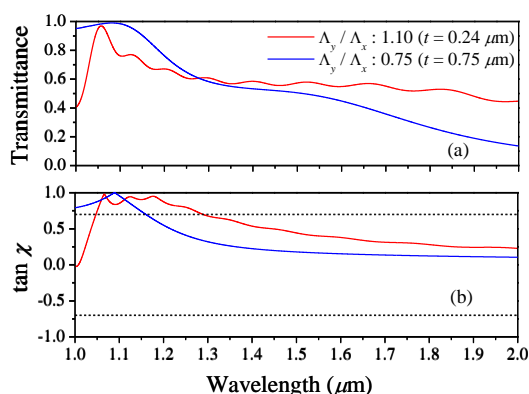


図 1 構造

図 2 波長特性 ( $\Lambda_y/\Lambda_x = 0.75, 1.1$ ). (a) 透過率, (b) 楕円率

出力端における界分布を評価する。特徴的なものとして、周期長比  $\Lambda_y/\Lambda_x = 0.75, 1.10$  の時の出力端における界分布を図 3 に示す。(a) は  $\Lambda_y/\Lambda_x = 0.75$  での

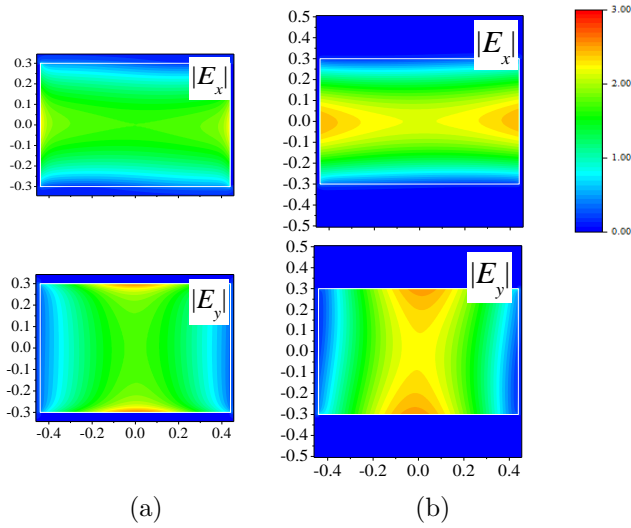


図 3 円偏波の得られる波長での出力端における界分布 ( $\lambda = 1.10 \mu\text{m}$ ). (a)  $\Lambda_y/\Lambda_x = 0.75$  での  $E_x$ ,  $E_y$  成分 (b)  $\Lambda_y/\Lambda_x = 1.10$  での  $E_x$ ,  $E_y$  成分

$E_x$ ,  $E_y$  成分, (b) は  $\Lambda_y/\Lambda_x = 1.10$  での  $E_x$ ,  $E_y$  成分である. 波長は両構造で円偏波の得られる  $\lambda = 1.10 \mu\text{m}$  に設定する. 図より, 周期長比が大きいとき, 金属エッジ付近での界が強くなる様子を観察できる.

金属板中空部の入出力部に局在する界について評価する. 中空部を実際に伝搬する界から, 固有モードの伝搬定数で伝搬する界と反射波を除くことで, 入出力部に局在する界が顕在化する. 各周期長比で, 出力端における中空部に局在する界の最大振幅の変化を図 4 に示す.  $E_x$  成分は周期長比の変化に鈍感であり, 界振幅の増加量は少ない. それに対して,  $E_y$  成分は周期長比が大きくなるほど増大している様子が確認できる.

最後に, 偏波変換が達成される厚みを評価する. 周期長比に対する円偏波の得られる厚みを図 5 に示す. 参考のため, マイクロ波帯で媒質を完全導体とした時の特性を黒線で併記する. 図より, どちらの媒質でも周期長比を大きくすることで円偏波の得られる厚みが薄くなるのがわかる. また, 完全導体に比べ, 金属の方が大きい効果が得られる.

### 3. まとめ

長方形孔配列を設けた  $1/4$  波長金属板の周期長比特性を評価した. 周期長比が大きいほど, 出力端における金属エッジ付近で界が強くなる様子を確認した. また, 周期長比が大きいほど薄い厚みで円偏波が得られることを示した. 結果的に, 周期長比が大きいほど, 入出力部に局在するエバネッセント界が強くなり, 円偏波の得られる厚みが薄くなることを明らかにした.

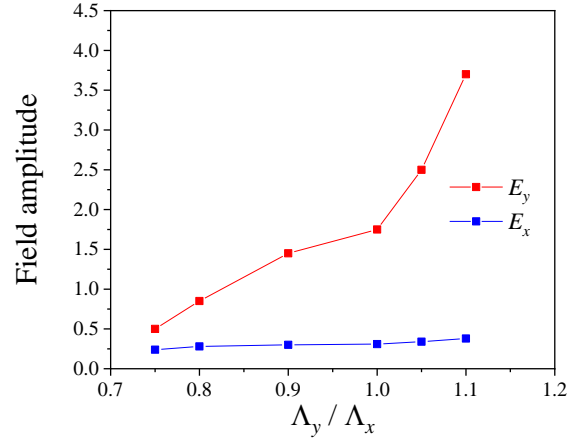


図 4 周期長比に対する局在する界の最大振幅

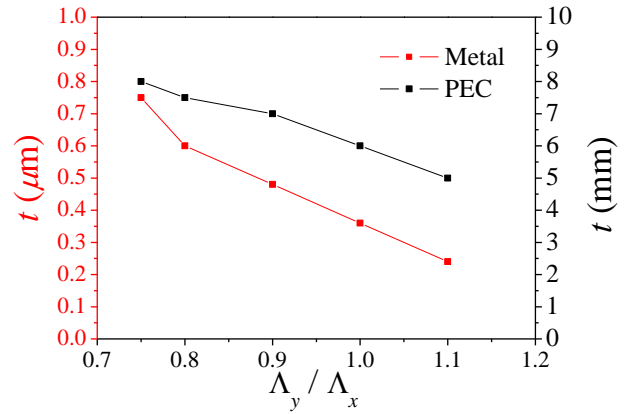


図 5 周期長比に対する円偏波の得られる厚み

### 参考文献

- 1) 山内, 高木, 谷口, 中野, “金属膜に周期的に非対称開口を配置した位相差板” 特願 2014-174956, 2014.8.29.
- 2) S. E. Helfert, A. Edelmann, and J. Jahns, “Hollow Waveguides as a Polarization Converting Elements: A Theoretical Study,” *J. Eur. Opt.Soc. -Rapid*, vol. 10, 15006, 2015
- 3) J. Yamauchi, S. Yoshino, H. Baba, and H. Nakano, “Polarization Conversion Properties of a Metallic Waveplate,” *PIERS*, Toyama, p.961, 2018.
- 4) J. Yamauchi, Y. Tanaka, S. Yoshino, and H. Nakano, “Study of Perforated Metal Sheets Based on Square and Rectangular Lattices,” *Optical Wave & Waveguide Theory and Numerical Modelling*, P-10, Bad Sassendorf, April 2018.
- 5) P. B. Johnson and R. W. Christy, “Optical Constants of the Novel Metals,” *Phys.Rev.B*, vol. 6, no. 12, pp. 4370-4379, 1972.